



**GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**TREBALL FINAL DE GRAU**

---

## **Canvis refractius associats a la presbícia**

**Laura Pérez Martín**

Directora: Aurora Torrents Gómez  
Departament d'Òptica i Optometria

**13 de gener del 2020**





## GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

# Canvis refractius associats a la presbícia

### RESUM

**OBJECTIU:** Analitzar els canvis refractius en visió de lluny que es produeixen quan apareix la presbícia.

**MÈTODE:** S'han seleccionat 30 històries clíniques de pacients, d'un centre optomètric anònim, per analitzar l'evolució de les seves refraccions des d'abans de tenir presbícia fins a l'actualitat, quan ja en tenen. En total tenim 60 ulls, els quals la meitat són d'homes i l'altra meitat són de dones. S'ha analitzat l'evolució de l'esfera, del cilindre, de l'eix d'aquest i de l'addició.

**RESULTATS:** L'estudi dels 60 ulls analitzats ens mostra que tenim 46 ulls amb astigmatisme en la refracció final, dels quals 23 ulls tenen astigmatisme invers i 9 ulls giren l'eix cap a més vertical i només 1 ull que gira l'eix cap a més horitzontal. També podem observar que, en la refracció final, 24 ulls són miops, 33 ulls són hipermetrops i 3 ulls tenen la refracció de l'esfera igual a 0.

**CONCLUSIONS:** Amb l'aparició de la presbícia, l'esfera té tendència positiva, l'astigmatisme augmenta negativament i veiem que la tendència de l'eix és a que giri cap al pla vertical.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# Cambios refractivos asociados a la presbicia

### RESUMEN

**OBJETIVO:** Analizar los cambios refractivos en visión de lejos que se producen cuando aparece la presbicia.

**MÉTODO:** Se han seleccionado 30 historias clínicas de pacientes, de un centro optométrico anónimo, para analizar la evolución de sus refracciones desde antes de tener presbicia hasta la actualidad, cuando ya la tienen. En total tenemos 60 ojos, los cuales la mitad son de hombres y la otra mitad son de mujeres. Se ha analizado la evolución de la esfera, del cilindro, del eje de éste y de la adición.

**RESULTADOS:** El estudio de los 60 ojos analizados nos muestra que tenemos 46 ojos con astigmatismo en la refracción final, de los cuales 23 ojos tienen astigmatismo inverso y 9 ojos giran el eje hacia más vertical y solo 1 ojo que gira el eje hacia más horizontal. También podemos observar que, en la refracción final, 24 ojos son miopes, 33 ojos son hipermétropes y 3 ojos tienen la refracción de la esfera igual a 0.

**CONCLUSIONES:** Con la aparición de la presbicia, la esfera tiene tendencia positiva, el astigmatismo aumenta negativamente y vemos que la tendencia del eje es a que gire hacia el plano vertical.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# Refractive changes associated to the presbyopia

### ABSTRACT

**PURPOSE:** To analyze the refractive changes in far vision that occur when presbyopia appears.

**METHOD:** 30 patient medical records have been selected from an anonymous eye center to analyze the evolution of their refractions since before having presbyopia until today, when they already have it. In total we have 60 eyes, which half are of men and the other half are of women. The evolution of the sphere, the cylinder, its axis and the addition has been analyzed.

**RESULTS:** The study of the 60 eyes analyzed shows us that we have 46 eyes with astigmatism in the final refraction, 23 eyes have inverse astigmatism and 9 eyes turn the axis to more vertical and only 1 eye that turns the axis to more horizontal. We can also observe that, in the final refraction, 24 eyes are myopic, 33 eyes are hypermetropic and 3 eyes have the refraction of the sphere it's 0.

**CONCLUSIONS:** With the appearance of presbyopia, the sphere has positive trend, the astigmatism augments negatively and we see that the trend of the axis is at that it turn to the vertical plane.



## GRAU EN OPTICA I OPTOMETRIA

# Refractive changes associated to the presbyopia

### EXTENSIVE ABSTRACT

**INTRODUCTION:** The crystalline lens has two fundamental characteristics: transparency and elasticity. By means of transparency, light rays are allowed to reach the retina. If transparency is altered, only dim light passes and we talk about cataracts. Elasticity is essential for the accommodation process; if elasticity is altered, the lens will be unable to modify its shape to focus nearby objects and we would be talking about the appearance of presbyopia.

Presbyopia is the difficulty to focus nearby objects because of an insufficient accommodation range to work comfortably in close vision, assuming that the refractive defect is well compensated in far vision. It's a physiological normal state due to loss of accommodative capacity with the passing of the years.

The close accommodation point moves away and the habitual work distance is out of the crisp and comfortable viewing area.

The process by which nearby objects can be focused is called accommodation. The accommodation starts with the contraction of the ciliary muscle, which causes the lens bombing, so the lens power is increased making it possible to focus nearby images correctly.

Presbyopia is a natural process associated with aging of the organism and cannot be prevented.

It affects 100% of people but its beginning is not the same for everyone. It starts when people are around 40 years old and it increases progressively for a few years until losing the ability to accommodate completely.

The characteristic symptoms, always assuming that the refractive error in far vision is perfectly compensated, are visual fatigue in the incipient stages of presbyopia, blurred

vision when presbyopia is already declared, reading away and, also, can refer to blurred vision in far vision after working a while in close vision.

The characteristic sign is a reduced range of accommodation to work comfortably over a usual reading distance.

When there is still no presbyopia, our clear vision zone reaches beyond our working distance to our close point.

When presbyopia appears, our clear vision zone is reduced and our close point is now before our working distance.

There are different methods to determine the addition in a presbyte. Any of these methods determines an approximate addition. It is always recommended to place the addition in test glasses so that the patient can check if the focus range offered adequately covers his visual needs.

- Trial method: it consists in adding positive lenses on the refraction in far vision, until the patient refers a good visual comfort at their visual close distance. It must be ensured that the refraction in far vision is correct. It is necessary to have a good illumination on the reading material and that the test is placed at a normal working distance.
- Method of the amplitude of accommodation: it consists in determining the amplitude of accommodation and calculating the necessary addition for the usual working distance, accepting that the person will work comfortably if he uses half of his accommodative capacity.
- Cross cylinder method: it consists in placing a crossed cylinder that causes the formation of a Sturm cone. Next, the positive lenses necessary to place the circle of minimal confusion on the retina are placed.
- Age method: based on the experience of the examiner to determine an approximate value of the addition according to the patient's age.

Live studies (Brown, 1974) show that the total volume of the lens increases with its aging process, reducing the radius of curvature of the anterior and posterior faces and increasing its central thickness. This change of form would imply a tendency to myopia and, therefore, be more potent and allowing to see objects up close. Instead, as the lens curvatures increase, we lose vision closely. This is explained by a theory that says

that as the age increases, the refractive index of the lens decreases to compensate for the decrease in the radius of curvature on the surfaces. This fact is known as the lens paradox.

All this is associated with ciliary muscle hypertrophy, which limits the modification of the lens to correctly focus on close vision objects.

According to studies by Helmholtz, Kratz and Walton and Philips on corneal astigmatism, this tends to be against the rule when we advance in age.

**PURPOSE:** The reason for choosing to do this work arose from the lack of existing studies of the relation between some changes in refractive errors in distant vision and the appearance of presbyopia. The changes associated with close vision are widely known, but not so much those related to far vision.

**Overall purpose:** The objective of this work is to analyze the refractive changes in far vision that are produced in a group of 30 people when presbyopia occurs. It is a longitudinal retrospective study.

#### **Specific purpose**

- Determine, from a bibliographic search, the state of the art on the subject: is there any evidence of refractive changes in the presbytes, beyond the decrease in accommodation and the need for an addition to read?
- Choose 30 patient medical records that meet the inclusion criteria.
- Analyse the results obtained.

**METHOD:** To develop the theoretical framework, a bibliographic investigation has been carried out to find information about presbyopia and the refractive changes that may have been associated, through specialized databases in the scientific field.

To carry out the practical part of this work I have had the help of an optometric centre that wants to be anonymous. In this centre, a selection of patients that followed the same inclusion criteria has been made in their database.

The inclusion criteria established have been:

- Half of the patients have to be men and the other half, women.
- Data on the refractive state of patients must be available from the age of 40 or less until today, when they have to be 55 or older, at intervals of maximum 3 years.



- Patients don't have ocular pathologies, nor refractions in far vision when presbyopia appeared above  $\pm 5D$  or astigmatisms above than  $-2DC$ .

In total, a sample of 60 eyes has been obtained, of which I have studied the evolution of the refractions taking into account 5 graduations of each eye, with a difference of between 3 and 5 years between each graduation. All these data have been recorded on an excel sheet where an exhaustive analysis has been made.

**RESULTS:** Once all the data collected in excel has been analyzed, we have made a comparison of the evolution of the refractive defects of each eye with different graphics.

When analysing the data of the medical records, we can observe that at the first graduation (at around 40 years old) there were 24 myopic eyes, 27 hypermetropic eyes and 9 emmetropic eyes. At the final graduation (at around 50) we found that 24 eyes were myopes, 33 eyes were hypermetropic and 3 eyes were emmetropic.

When we look at the graphic of the cylinders we can see that in the initial graduation we have 17 eyes without any astigmatism and, when we look at the final graduation, we find 10 eyes with astigmatism, of which, observing the graphic of the axes, 6 have it against the rule.

When we also look at the graphic of the cylinders we can see that initially we found 43 eyes with astigmatism, of which 17 eyes have an astigmatism against the rule and in the final graduation they still have the axis of astigmatism against the rule. We also see that 2 eyes that in the initial graduation had the axis of astigmatism in favor of the rule, in the final graduation we found it against the rule.

If we analyse the data of the axes of the eyes that do not have the axis of astigmatism against the rule (that is, that they have it in favor or that they are oblique) we can observe that 9 of 23 eyes end up turning the axis towards more vertical ( $\geq 10^\circ$ ) and that 1 of 23 eyes ends up turning the axis towards more horizontal ( $\geq 10^\circ$ ).

**DISCUSSION:** The results obtained show that the tendency that the sphere has over the years is to become more positive, the tendency of the cylinder is to increase in negative with the passing of time and, in addition, its axis would be around  $90^\circ$ , so we can say that it is an astigmatism against the rule. Finally, as assumed, presbyopia increases at each stage of graduation.

According to Laughton, Sheppard and Davies (2018) the astigmatism that we find in pre-presbytes and in presbytes is an astigmatism against the rule. Analysing the data

obtained in the graphics we can say that 23 of 46 eyes that we have in the final graduation with astigmatism are inverse astigmatisms and that, 23 eyes have oblique or direct astigmatisms.

Therefore, we can say that 50% of astigmatic eyes are astigmatisms against the rule. In addition, we have 9 eyes which, during the years that have been analysed, rotate towards the vertical axis and, possibly in a few years they will also be inverse astigmatisms.

**CONCLUSION:** We can affirm that the tendency of the sphere is to become more positive and that astigmatism increases with the passing of time. We cannot say that all astigmatisms in presbytes and pre-presbytes are against the rule but we do see that there is a tendency for the axis to turn towards the vertical plan in some cases and that there is a predominance of eyes with this type of astigmatism.

# Índex

<b>1. Introducció.....</b>	<b>pàg. 10</b>
<b>1.1 Epidemiologia.....</b>	<b>pàg. 11</b>
<b>1.2 Signes i símptomes.....</b>	<b>pàg. 11</b>
<b>1.3 Determinació de l'addició.....</b>	<b>pàg. 12</b>
<b>1.4 Canvis associats a la presbícia.....</b>	<b>pàg. 13</b>
<b>2. Objectius.....</b>	<b>pàg. 14</b>
<b>2.1 Objectiu general.....</b>	<b>pàg. 15</b>
<b>2.2 Objectius específics.....</b>	<b>pàg. 15</b>
<b>3. Metodologia.....</b>	<b>pàg. 15</b>
<b>4. Resultats.....</b>	<b>pàg. 16</b>
<b>5. Discussió.....</b>	<b>pàg. 18</b>
<b>6. Conclusió.....</b>	<b>pàg. 19</b>
<b>7. Bibliografia.....</b>	<b>pàg. 20</b>

## 1. Introducció

El cristal·lí té dues característiques fonamentals: la transparència i l'elasticitat. Amb la transparència es permet que els raigs de llum arribin a la retina. Si se n'altera la transparència només deixa passar llum atenuada i parlem de cataractes. L'elasticitat és imprescindible pel procés de l'acomodació; si se n'altera l'elasticitat el cristal·lí serà incapaç de modificar la seva forma per a enfocar objectes propers i estariem parlant de l'aparició de la presbícia.

Segons el Diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans (DIEC) la presbícia es defineix com:

f. [MD] [LC] Defecte de la vista, degut a la rigidesa del cristal·lí, que fa que no es vegin distintament els objectes situats molt a la vora dels ulls.

Com ja sabem, la presbícia és la dificultat per a enfocar els objectes pròxims a causa d'una amplitud d'acomodació insuficient per a treballar confortablement en visió de prop, suposant que el defecte refractiu estigui ben compensat en visió llunyana. És un estat fisiològicament normal degut a la pèrdua de la capacitat acomodativa amb el pas dels anys.

El punt pròxim d'acomodació s'allunya i la distància de treball habitual queda fora de la zona de visió confortable i nítida.



**Figura 1. Presbícia.** (<https://blogdeopticaconforvision.blogspot.com/2018/09/presbicia.html> última consulta 02/12/2019)

El procés pel qual es poden enfocar objectes propers és l'acomodació. L'acomodació comença amb la contracció del múscul ciliar, que provoca el bombament del cristal·lí i, així, s'augmenta la potència d'aquest fent que puguem enfocar correctament les imatges de prop.

## 1.1. Epidemiologia

La presbícia és un procés natural associat a l'envelliment de l'organisme i que, per tant, no es pot prevenir. És un problema molt comú entre la població que comença al voltant dels 40 anys i que, a més, la seva incidència augmenta amb l'edat.

Afecta al 100% de les persones, però el seu inici no és igual per a tots. La presbícia apareix quan el cristal·lí va perdent la seva elasticitat i, amb això, la seva capacitat per a enfocar les imatges de prop. Aquesta pèrdua d'elasticitat no passa de sobte, sinó que comença al voltant dels 40 anys i va augmentat progressivament durant uns anys fins a perdre la capacitat d'acomodació per complet. Els factors que determinaran el moment de l'aparició de la presbícia poden ser: la capacitat acomodativa de la persona, la distància de treball habitual de prop, la demanda visual mantinguda de prop, l'error refractiu i factors nutricionals i geogràfics.

## 1.2. Signes i símptomes

Els símptomes característics, suposant sempre que l'error refractiu en visió llunyana està perfectament compensat, són la fatiga visual en els estadis incipients de la presbícia, visió borrosa quan la presbícia ja està declarada, allunyar-se la lectura i, també, pot referir a visió borrosa en visió de lluny després de treballar una estona en visió propera.

El signe característic és una amplitud d'acomodació reduïda per a treballar confortablement a una distància habitual de lectura. Un altre signe molt característic en els miops és treure's les ulleres per mirar de prop<sup>1</sup>.

Quan encara no hi ha presbícia la nostra zona de visió nítida (ZVN) arriba més enllà de la nostra distància de treball (dt) fins al nostre punt pròxim (pp).

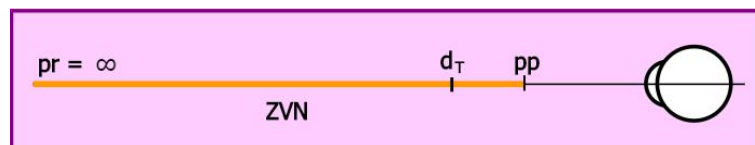
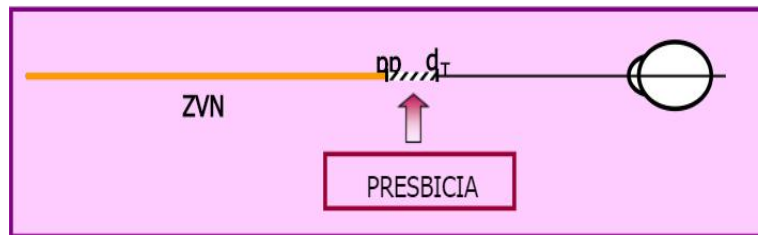


Figura 2. Zona de visió nítida d'un emmetrop. (<https://slideplayer.es/slide/164673/> última consulta 02/12/19)

Quan apareix la presbícia la nostra zona de visió nítida es veu reduïda i el nostre punt pròxim és ara per davant de la nostra distància de treball. És en aquest moment quan, per exemple, apareix la tendència d'allunyar-se la lectura.

<sup>1</sup> Errors refractius: Presbícia. A: Apunts de Disfuncions de la Visió Binocular de la UPC.



**Figura 3. Zona de visió nítida d'un prèsbita.** (<https://slideplayer.es/slide/164673/> última consulta 02/12/19)

### 1.3. Determinació de l'addició

Hi ha diferents mètodes per a determinar l'addició en un prèsbita. Qualsevol d'aquests mètodes determina una addició aproximada. Sempre es recomana col·locar l'addició en una ullera de prova per a què el pacient pugui comprovar si el rang de focalització que li ofereix cobreix de forma adequada les seves necessitats visuals<sup>2</sup>.

- Mètode del tanteig: consisteix en afegir lents positives sobre la refracció en visió de lluny , fins que el pacient refereixi un bon confort visual a la seva distància habitual de prop. S'ha d'assegurar que la refracció en visió llunyana és la correcta. S'ha de tenir una bona il·luminació sobre el material de lectura i que se situï el test a una distància de treball habitual.
- Mètode de l'amplitud d'acomodació: consisteix en determinar l'amplitud d'acomodació i calcular l'addició necessària per a la distància habitual de treball, acceptant que la persona treballarà confortablement si utilitza la meitat de la seva capacitat acomodativa.

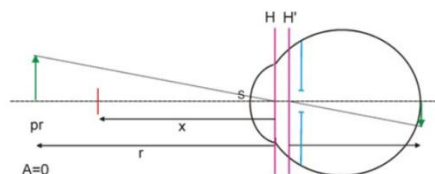
✓ Cuantificación de la acomodación

$$A = R - X$$

R: Refracción.

X: Vergencia del objeto

$$R = \frac{1}{pr} \quad N = \frac{1}{x}$$



**Figura 5. Quantificació de l'acomodació** (<https://slideplayer.es/slide/164673/> última consulta 02/12/19)

- Mètode del cilindre creuat: consisteix a anteposar un cilindre creuat que provoca la formació d'un conoide de Sturm. Seguidament s'anteposen les lents positives necessàries per a situar el cercle de mínima confusió sobre la retina.

<sup>2</sup> Errors refractius: Presbícia. A: Apunts de Disfuncions de la Visió Binocular de la UPC.

- Mètode de l'edat: es basa en l'experiència de l'examinador per a determinar un valor aproximat de l'addició segons l'edat del pacient.

Edat	Addició
40-45	+0.75 a +1.00
45-50	+1.00 a +1.75
50-55	+1.75 a +2.25
55-60	+2.50
>60	+2.75

Taula 1. Mètode de l'edat.

#### 1.4. Canvis associats a la presbícia

Estudis en viu (Brown, 1974) mostren que el volum total del cristal·lí augmenta amb el seu procés d'envelliment, reduint-se els radis de curvatura de les cares anterior i posterior i augmentant el seu espessor central. Aquest canvi de forma implicaria una tendència a la miopia i que, per tant, fos més potent permetent així veure objectes de prop. En canvi, conforme les curvatures de la lent van augmentant, anem perdent visió de prop. Això s'explica amb una teoria que diu que al augmentar l'edat augmenta l'índex de refracció del cristal·lí per compensar l'augment dels radis de curvatura en les superfícies. A aquest fet se'l coneix com a paradoxa del cristal·lí.

Tot això ve associat a la hipertrofia del múscul ciliar, que limita la modificació del cristal·lí per a enfocar correctament els objectes en visió de prop.

Amb l'augment de volum del cristal·lí també es produeix un augment de rigidesa i pèrdua d'elasticitat capsular. Juntament amb la disminució de la resposta de la musculatura ciliar dona una opacitat cada cop major, pèrdua d'adaptació i també del poder d'acomodació.

Segons uns estudis de Helmholtz, Kratz i Walton i Philips sobre l'astigmatisme corneal (1949 i 1952 respectivament), aquest tendeix a ser contra la regla quan avancem en l'edat.

Dècada	Astigmatisme corneal contra la regla (%)	Astigmatisme corneal en regla (%)	Astigmatisme no corneal (%)
2	18	80	2
5	11	78	11
8	30	20	50
9	75	25	0

**Figura 6. Distribució de l'astigmatisme corneal (Kratz i Walton).** (Ondategui J. Optometría geriátrica: cambios que afectan la función visual (I). Ver y Oír. Diciembre 2005, volum 201, pàgines 688-693)

Edat	Astigmatisme corneal contra la regla (%)	Astigmatisme corneal en regla (%)	No astigmatisme	Número de pacients
10 a 20	6.8	75.5	12.7	164
20 a 30	8.2	72.3	19.5	268
30 a 40	17.7	64.1	18.2	204
40 a 50	25.6	46.9	27.5	320
50 a 60	31.7	40.5	27.8	356
60 a 70	33.9	37.7	28.4	239
70 a 80	35.0	37.2	27.8	140

**Figura 7. Distribució de l'astigmatisme corneal (Phillips).** (Ondategui J. Optometría geriátrica: cambios que afectan la función visual (I). Ver y Oír. Diciembre 2005, volum 201, pàgines 688-693)

Respecte als canvis refractius en visió de lluny no s'ha pogut trobar cap altre que no sigui l'astigmatisme o el seu eix o que estigui relacionat amb aquest.

## 2. Objectius

El motiu d'escollir fer aquest treball va sorgir de l'escassetat d'estudis existents sobre la relació que hi pot haver entre alguns canvis en els errors refractius en visió llunyana i l'aparició de la presbícia. Són àmpliament coneguts els canvis associats a la visió propera, però no tant els que es relacionen amb la visió de lluny.



Aquest treball té la intenció de fer una nova aportació als estudis o publicacions que ja existeixen.

## 2.1 Objectiu general

L'objectiu d'aquest treball és analitzar els canvis refractius en la visió de lluny que es produeixen quan arriba la presbícia en un grup de 30 persones. És un estudi retrospectiu longitudinal.

## 2.2. Objectius específics

- Determinar, a partir d'una cerca bibliogràfica, l'estat de l'art sobre el tema: hi ha evidència de canvis refractius en els presbites, més enllà de la disminució d'acomodació i la necessitat d'una addició per llegir?
- Triar 30 històries clíniques de pacients que compleixin uns criteris d'inclusió.
- Analitzar els resultats obtinguts.

## 3. Metodologia

Per a desenvolupar el marc teòric s'ha procedit a fer una recerca bibliogràfica per trobar informació sobre la presbícia i els canvis refractius que hi pot haver associats, a través de bases de dades especialitzades en l'àmbit científic.

Les bases de dades utilitzades per a fer la recerca bibliogràfica han estat Pubmed, Medline, Sciencedirect, Dialnet i Google Academy.

Per realitzar la part pràctica d'aquest treball he comptat amb l'ajuda d'un centre optomètric que vol ser anònim. En aquest centre s'ha fet una selecció de pacients en la seva base de dades que han seguit uns criteris d'inclusió.

Els criteris d'inclusió establerts han estat:

- El total de pacients havien de ser meitat homes i meitat dones.
- S'ha de disposar de dades de l'estat refractiu de pacients des que tinguessin 40 anys o menys fins l'actualitat, en que n'han de tenir 55 o més, en intervals de màxim 3 anys.
- Els pacients no han de presentar patologies oculars importants, ni refraccions en visió de lluny quan els va aparèixer la presbícia superiors a  $\pm 5D$  ni astigmatismes superiors a  $-2DC$ .

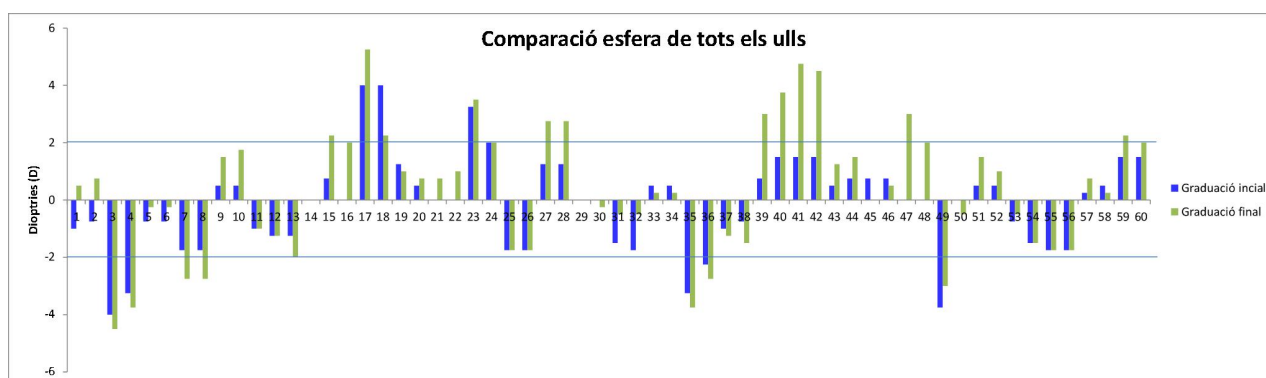
En total s'ha obtingut una mostra de 60 ulls, dels quals he estudiat l'evolució de les refraccions tenint en compte 5 graduacions de cada ull, amb una diferència d'entre 3 i

5 anys entre cada graduació. Totes aquestes dades s'han anotat a un full excel on s'ha fet un anàlisi exhaustiu d'aquestes.

En el moment de consultar les fitxes clíniques dels pacients no s'ha consultat res més que el gènere, l'edat i les diferents graduacions que hi havia anotades; sempre amb el permís del centre optomètric col·laborador.

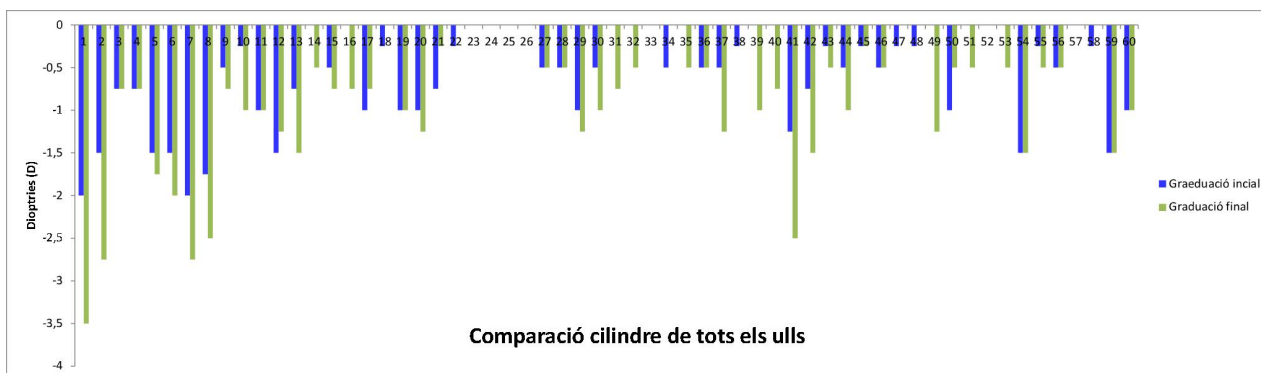
## 4. Resultats

En analitzar totes les dades recollides a l'excel hem realitzat una comparació de l'evolució dels defectes refractius de cada ull amb diferents gràfiques.

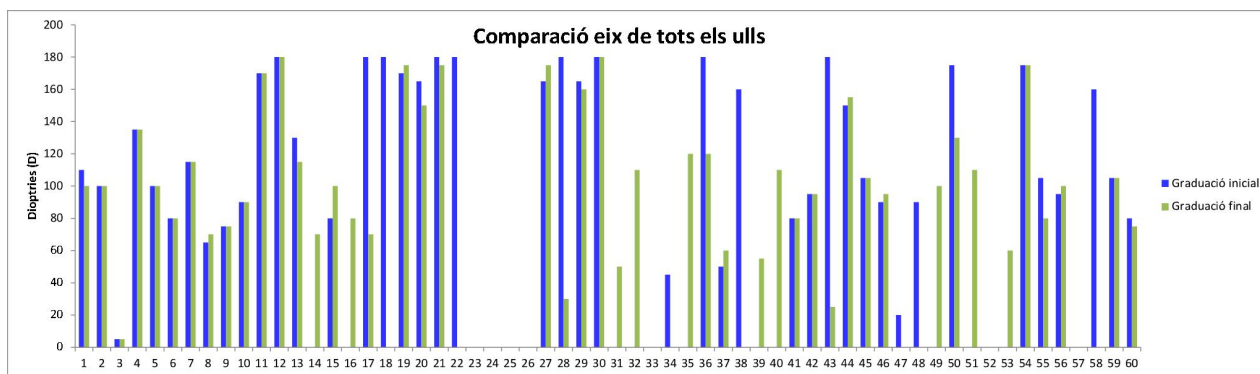


**Gràfica 1. Comparació esferes**

Analitzant les dades de les històries clíniques podem observar que a la primera graduació (al voltant dels 40 anys) hi havia 24 ulls miops, 27 ulls hipermetrops i 9 ulls emmetrops. A la graduació final (després dels 50 anys) trobem que 24 ulls són miops, 33 ulls són hipermetrops i 3 ulls són emmetrops.



**Gràfica 2. Comparació cilindres**



**Gràfica 3. Comparació eixos**

Quan observem la gràfica dels cilindres podem veure que en la graduació inicial tenim 17 ulls sense cap astigmatisme i, quan mirem la graduació final, trobem 10 ulls d'aquests 17 amb astigmatisme, dels quals, observant la gràfica dels eixos, 6 el tenen contra la regla.

Quan observem també la gràfica dels cilindres podem veure que inicialment trobem 43 ulls amb astigmatisme, dels quals 17 ulls tenen un astigmatisme contra la regla i en la graduació final segueixen tenint l'eix de l'astigmatisme contra la regla. També veiem que 2 ulls que tenien en la graduació inicial l'eix de l'astigmatisme a favor de la regla, en la graduació final el trobem en contra de la regla.

Si analitzem les dades dels eixos dels ulls que no tenen l'eix de l'astigmatisme contra la regla (és a dir, que el tenen a favor de la regla o que són oblics) podem observar que 9 de 23 ulls acaben girant l'eix cap a més vertical ( $\geq 10^\circ$ ) i que 1 de 23 ulls acaba girant l'eix cap a més horitzontal ( $\geq 10^\circ$ ).

Els resultats finals que obtenim són:

- 46 ulls amb astigmatisme en la graduació final.
- 23 ulls amb astigmatisme invers.
- 9 ulls que giren l'eix cap a més vertical.
- 1 ulls que gira l'eix cap a més horitzontal.

Les mitjanes i les desviacions estàndard de cada etapa de les graduacions van ser:

	Graduació 1 (30-40 anys)				Graduació 2 (41-45 anys)			
	Esfera	Cilindre	Eix	Addició	Esfera	Cilindre	Eix	Addició
Promig	-0,13333333	-0,57916667	88,66666667	0	-0,02916667	-0,64166667	89,08333333	0,78333333
Desviació estàndard	1,63480851	0,57025802	70,1805581	0	1,76061651	0,59902227	64,5617013	0,49030142

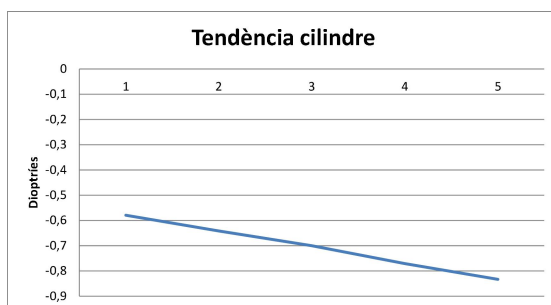
Graduació 3 (46-50 anys)				Graduació 4 (51-55 anys)				Graduació 5 (56-60 anys)			
Esfera	Cilindre	Eix	Addició	Esfera	Cilindre	Eix	Addició	Esfera	Cilindre	Eix	Addició
0,02916667	-0,7	77,5833333	1,41666667	0,22083333	-0,77083333	75,75	1,91666667	0,3625	-0,83333333	80,25	2,35
1,82327912	0,74190547	64,4434561	0,42353103	2,09220287	0,74545468	61,0003126	0,27100983	2,16502681	0,79146221	58,6025467	0,1540416

Podem veure que la desviació estàndard és molt gran, però és normal tenint en compte que les graduacions són de diferents persones i que són molt diferents entre sí, tot i que la major part de les refraccions de l'esfera obtingudes estan compreses entre +2D i -2D.

Observant les mitjanes he volgut veure la tendència que hi ha hagut amb el pas del temps en l'esfera, el cilindre i l'addició d'una forma general.



**Gràfica 4. Tendència esfera**



**Gràfica 5. Tendència cilindre**



**Gràfica 6. Tendència addició**

## 5. Discussió

Els resultats obtinguts mostren que la tendència que té l'esfera amb el pas dels anys és fer-se més positiva, la tendència del cilindre és augmentar en negatiu amb el pas del temps i, a més, el seu eix estaria al voltant dels 90°, pel que podem dir que és un

astigmatisme contra la regla. Finalment, com se suposava, la presbícia augmenta en cada etapa de graduació.

Segons Laughton, Sheppard i Davies (2018) l'astigmatisme que trobem en els pre-prèsbites i en els prèsbites és un astigmatisme contra la regla.

Analitzant les dades obtingudes en les gràfiques podem dir que 23 de 46 ulls que tenim en la graduació final en total amb astigmatisme són astigmatismes inversos i que, per tant, 23 ulls tenen astigmatismes oblics o directes.

Per tant, podem dir que un 50% dels ulls astigmàtics són astigmatismes en contra de la regla. A més tenim 9 ulls els quals el seu eix, durant els anys que s'han analitzat, va girant cap a l'eix vertical i que, possiblement, al cap d'uns anys també seran astigmatismes inversos.

## **6. Conclusió**

Podem afirmar que la tendència de l'esfera és fer-se més positiva i que l'astigmatisme augmenta amb el pas del temps. No podem afirmar que tots els astigmatismes en els prèsbites i pre-prèsbites siguin contra la regla però sí que veiem hi ha una tendència a que l'eix giri cap al pla vertical en alguns casos i que sí que hi ha una predominància d'ulls amb aquest tipus d'astigmatisme.

## 7. Bibliografia i webgrafia

Domínguez A., Monsálvez D., Esteve J., Montés R., Ferrer T. Effect of age in the ciliary muscle during accommodation: Sectorial analysis. *Journal of Optometry*. Gener-març 2019, volum 12 apartat 1, pàgines 14-21.

Dubbelman M., Van der Heijde. The shape of the aging human lens: curvature, equivalent refractive index and the lens paradox. *Vision Research*. Juny 2001, volum 41, apartat 14 pàgines 1867-1877.

Laughton D., Sheppard A., Davies L. Refraction during incipient presbyopia: The Aston Longitudinal Assessment of Presbyopia (ALAP) study. *Journal of Optometry*. Gener-març 2018, volum 11, apartat 1, pàgines 49-56.

Ondategui J. Optometría geriátrica: cambios que afectan la función visual (I). *Ver y Oír*. Desembre 2005, volum 201, pàgines 688-693.

Pierscionek B. Age-related response of human lenses to stretching forces. *Experimental Eye Research*. Març 1995, volum 60, apartat 60, pàgines 325-332.

Rozanova O., Shchuko A., Mischenko T. Fundamentals of Presbyopia: visual processing and binocularity in its transformation. *Eye Vis (Lond)*. 25 de gener 2018.

Sheppard A., Davies L. The Effect of Ageing on In Vivo Human Ciliary Muscle Morphology and Contractility. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. Març 2011, volum 52, pàgines 1809-1816.

Pointer J., Gilmartin B. Patterns of refractive change in myopic subjects during the incipient phase of presbyopia: a preliminary study. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 16 de març 2011, volum 31, apartat 5.

Astigmatisme. A: Clínica Barraquer. [Darrera consulta: 9 de setembre de 2019]. Disponible a : <<https://www.barraquer.com/ca/que-tractem/astigmatisme/>>.

Canvis per l'edat. A: *Apunts d'Òptica Infantil i Geriàtrica de la UPC*.

Cristal·lí. A: *Apunts d'Anatomia visual de la UPC*.

Cos ciliar. A: *Apunts d'Anatomia visual de la UPC*.

Errors refractius. A: *Associació Catalana d'Optometria i Teràpia Visual*. [Darrera consulta: 5 de setembre de 2019]. Disponible a: <<http://www.acotv.org/ca/area-visual/23-problemes-visuales/103-errors-refractius.html>>.

Errors refractius. A: *Àrea Oftalmològica Avanzada*. [Darrera consulta: 8 de setembre de 2019]. Disponible a: <<https://areaoftalmologica.com/ca/malalties-oculars/errors-refractius/>>.

Errors refractius: Presbícia. A: *Apunts de Disfuncions de la Visió Binocular de la UPC*.

Presbícia. A: *Diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans*. [Darrera consulta: 5 de setembre de 2019]. Disponible a: <<https://dlc.iec.cat/results.asp?txtEntrada=presbicia&operEntrada=0>>.